

控制

滚珠丝杠热变化 对机床精度的影响

切削加工过程的精度受到所使用机床设备静态、动态和温度状况的影响。其中，温度在总误差中的影响最大。因此，人们对滚珠丝杠传递机构的热变化特性进行了检测。

文 | Christian Brecher、Marcel Fey

有人预测：切削加工机床的静态和动态性能会越来越好，这样就可以明显的减少它们对加工误差的影响。相反，在总加工偏差中，热变形的影响却越来越大。在过去的几十年中，总加工偏差中，热变形影响的比例提高到了70% ~ 75%。

在考虑金切加工机床的热变形影响时，要把外部因素的热变形影响和内部因素的热变形影响区分开来。金切加工机床的内部热源和降低内部热源带来的温度升高都可以采用主动式（滚珠轴承丝杠、线性导轨）和被动式（机床床身）等方法来实现。

非均质的温度场能够导致TCP的偏移

热源和降温共同作用的结果是一个非均质的温度场；一个在机床设备内部、会导致刀具中心点控制（TCP）出现位移的非均质温度场。基于这一原因，亚琛工业大学（RWTH）的机床实验室（WZL）对金切加工机床部件的热变化特性进行了检验测试（图1）。为进行这一试验，专门设计制造了一套试验设备，从而能够有目的的对滚珠丝杠这类机床部件在各种影响参数和变量的作用下进行检测和试验。

图1 当热量不断增加时滚珠丝杠的情况会怎么样变化？这就是亚琛工业大学（RWTH）的机床实验室（WZL）要解决的问题



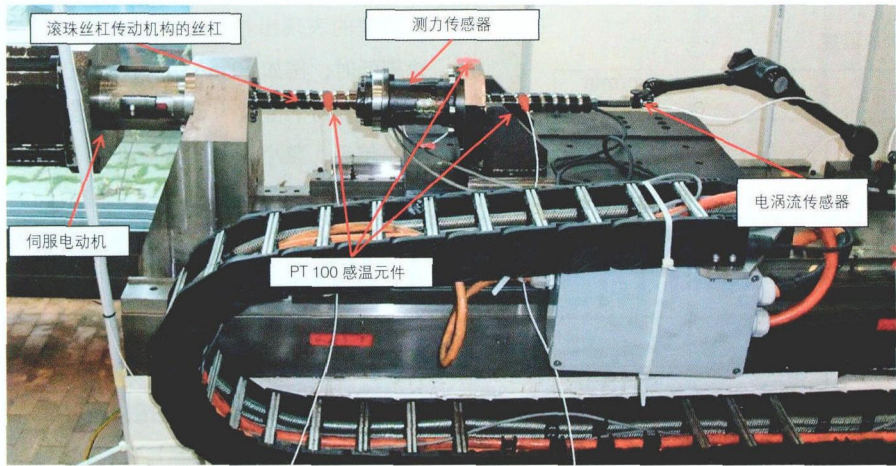


图 2 安装在试验台上待检的滚珠丝杠（KGT）的直径为 30 mm，丝杠导轨为 20 mm

试验台上的滚珠丝杠支承方式

安装在试验台上待检的滚珠丝杠（KGT）的直径为 30 mm，丝杠导轨为 20 mm（图 2）。经牙嵌式离合器把伺服电动机和滚珠丝杠连接成一体，驱动滚

珠丝杠传动机构。滚珠丝杠的滚珠螺母经测力传感器与试验台的运动滑台连接。通过多个应变片，测力传感器能够测定出热变形时、与摩擦力成比例的轴向力大小。在运动滑台的下方安装了一台线

性电动机，由它产生阻止滑台运动的阻力。这一试验台的结构设计属于滚珠丝杠的游动轴承支承方式，其中的固定轴承位置为滚珠丝杠的驱动侧。

在测定稳定均衡状态下滚珠丝杠的热变化特性时，检测是在连续工作的状态下进行的。为了使滚珠丝杠达到稳定的均衡状态，伺服电动机驱动滚珠丝杠进行 4 h 的恒速往复运动。在这一时间段内沿上盖螺母、测力传感器和床身热流方向贴附的 PT-100 感温元件进行温度检测。

试验台具有遮阳罩和防风罩，为控制试验过程的温度对环境温度也进行了检测和记录，这样就可以对外部环境温度的影响进行修正了，或者避免外部环境对检测、试验产生影响。辅助的电涡流传感器在滚珠丝杠的端面进行检测，从而可以测定出滚珠丝杠轴向伸长量的变化。

Give us a visit from **13. to 17.04.2015** at the fair
HMI • HANNOVER • Hall 4 • Stand F 24/2.

滚珠轴承和 滚柱轴承
外径尺寸 30 毫米至 1600 毫米不同型号

主轴部件
钻床主轴，铣床主轴，车床主轴
电动机砂轮轴，
带法兰盘的主轴亦即电主轴
专用主轴

SLF
**那里在
转动**



Reconditioning
of rolling bearings

Spindel- und Lagerungs-
technik Fraureuth GmbH

Fabrikgelände 5
D-08427 Fraureuth

电话: +49 (0) 37 61 / 80 10
传真: +49 (0) 37 61 / 80 11 50

电子邮件: slf@slf-fraureuth.de
www.slf-fraureuth.de

SPINDEL- UND LAGERUNGSTECHNIK FRAUREUTH GMBH



▲反馈服务编码M2994

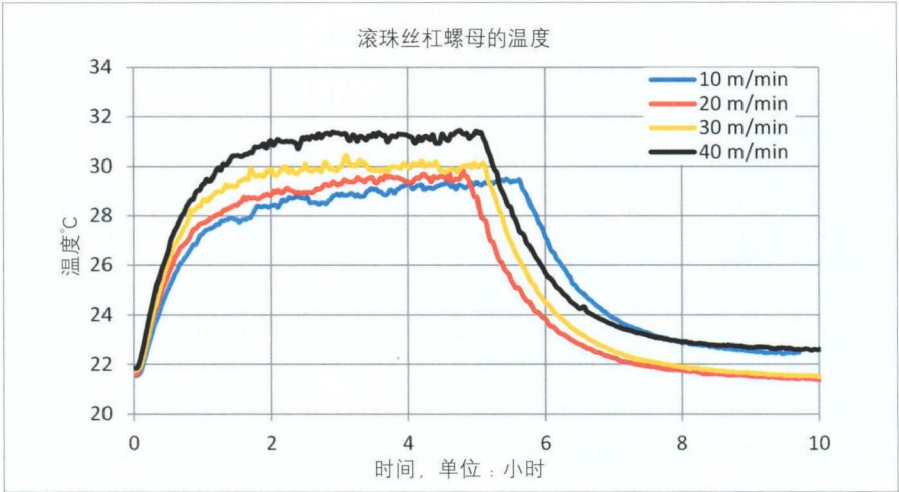


图3 不同转速时滚珠丝杠螺母的温度

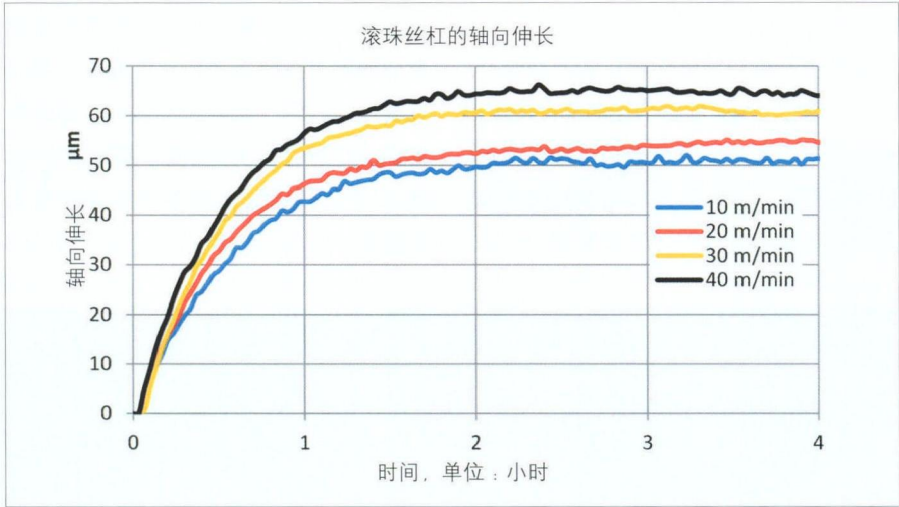


图4 不同转速时滚珠丝杠的轴向伸长

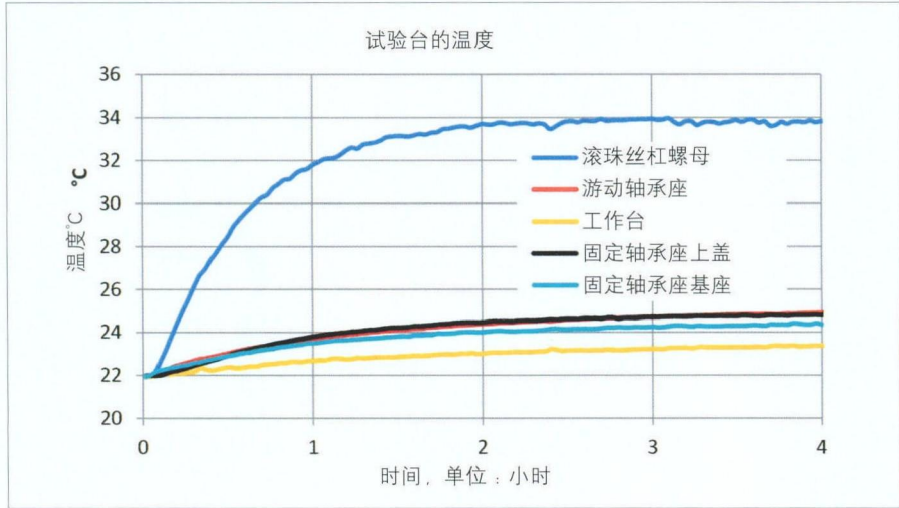


图5 相邻部件、组件之间的温度变化

热变化特性 与滚珠丝杠的转速有关

为了能够系统地评判滚珠丝杠的热

变化特性，首先对不同转速下的温度变化情况进行了考察。图3所示曲线就是不同转速时 KGT 丝杠螺母的温度曲线，

它清楚地表现出指数曲线的特性：当转速较低时，例如 10 m/min 时，丝杠螺母稳定平衡时的温度为 29 °C。滚珠丝杠的转速越高，整个系统的稳定平衡温度也就越高。当滚珠丝杠的转速达到最高的 40 m/min 时，稳定平衡时的温度则高达 31 °C。

根据试验可以得出这样的结论：滚珠丝杠的热变化特性与滚珠丝杠的转速有关。与发热变化有关的结果自然就是不同的轴向伸长量（图4）。在滚珠丝杠达到最高运动速度 40 m/min 时，滚珠丝杠的轴向伸长量最大可达 65 μm。这里也可以看出与速度之间的相互关系。根据滚珠丝杠在机床设备中的具体安装、位置情况，实际的滚珠丝杠最大轴向伸长量与理论伸长量有着明显的差异。

除了部件发热这一现象之外，也对滚珠丝杠向周围零部件的散热情况进行了研究（图5）。滚珠丝杠螺母经测力传感器散发的热流可以直达游动轴承的轴承座处，使轴承座处的温度提高 3 °C。驱动侧的固定轴承座的温度也提高了相同的温度；也就是说：温度散发的相当均匀，工作滑台的温度仅提高了 1 °C。在将来的试验中，将进一步对其他影响因素，例如滚珠丝杠螺母密封系统、线性电动机有目的地施加阻力负载时的情况或者其他部件、预紧力等级等影响因素的作用进行研究和考察。

在滚珠丝杠热变化特性试验中，使用的试验台允许设置不同的影响因素变量。这一试验台还能同时完成受力大小的检测，这就有可能测定出大多数的摩擦力。温度分布的情况采用了探针接触式检测方法，沿热流方向进行了检测。第一次检测就得到了与滚珠丝杠转速有关的热传导。当滚珠丝杠转速较低为 10 m/min 时，最热的零件滚珠丝杠螺母的温度也只有 29 °C。

当滚珠丝杠的转速提高一倍时，温度也上升 1 °C 达到 30 °C。当进一步提高滚珠丝杠的转速时，可以确定滚珠丝杠螺母的温度会进一步提高。MM